



Por un desarrollo Agrario  
integral y sostenible

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

GUÍA TÉCNICA N° 22

## Identificación de madera por máquina de visión: Xilotrón

Elaborado por:

**MSc. Heyddy Marbelly González Luna**

Docente del Departamento de Manejo  
de Bosques y Ecosistemas



Managua, Nicaragua  
Noviembre, 2019







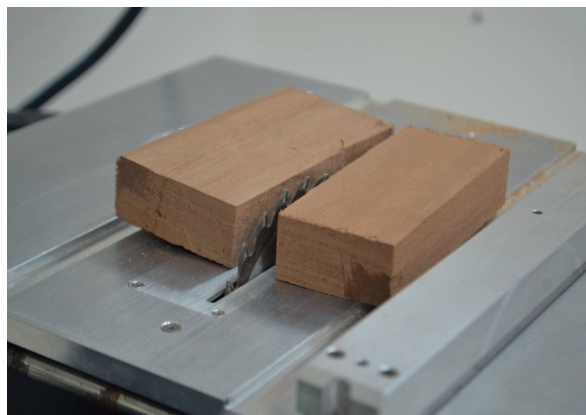


UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AGRARIA

## GUÍA TÉCNICA N° 22

Identificación de madera

Por Máquina de Visión: *Xilotrón*



Elaborado por: Ing. MSc. Heyddy Marbelly González Luna  
Docente del Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas



Managua Nicaragua  
Noviembre, 2019



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

### FACULTAD DE RECURSO NATURALES Y DEL AMBIENTE

Anatomía de la Madera como fundamento para la identificación

Reconocimiento de las secciones y estructuras de la madera

Porosidad de la madera

Parénquima Axial

Taxones leñosos

Sistema de visión

Uso del Xilotrón

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. CONTENIDO TÉCNICO</b>	<b>2</b>
2.1 Importancia de la identificación de la madera	2
2.2 Cortes o secciones de la madera	3
2.3 Tipos de porosidad	4
2.4 Clasificación de los parénquima	6
2.4.1 Parénquima longitudinal axial	6
<b>III USO Y MANEJO DEL <i>XILOTRÓN</i></b>	<b>9</b>
3.1 Calibración	9
3.2 Corte de la muestra	12
3.3 Lijado	13
3.4 Captura de imagen	15
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>17</b>
<b>V. LITERATURA CITADA</b>	<b>18</b>
<b>VI GLOSARIO</b>	<b>19</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La deforestación actual producto de la tala ilegal con fines de comercio local y nacional dejan clara la necesidad de cambiar el curso de los acontecimientos y adoptar medidas de carácter urgente, como apoyo logístico en el conocimiento, promulgación y aplicación de la normatividad y procedimientos legales existentes en nuestra región, por toda la población, como control regulador de nuestros bosques, el recurso hídrico y la conservación de la fauna que en el habita. (Jové, 2017)

Para nuestra institución, es de gran importancia poner a disposición de la comunidad universitaria y autoridades locales el presente documento *que ha sido diseñado como una valiosa herramienta técnica en la identificación de material forestal*.

Actualmente el Servicio Forestal de los Estados Unidos ha creado una nueva tecnología para identificar madera llamada *Xilotrón*, el cual es un sistema diseñado por el doctor Jonh Hermanson (2014) del Laboratorio de Tecnología de Productos Forestales de los Estados Unidos. Este sistema de visión artificial puede usarse como una herramienta de despliegue de campo para identificar los **taxones leñosos**; es un método para identificar madera a nivel de género.

Este sistema está formado por una pequeña cámara (captura imagen) conectada a una computadora portátil la cual contiene una base de datos con las diferentes especies de madera de Centroamérica, la identificación consiste en obtener la cara trasversal de las muestras de madera bien lijadas de tal forma que al pasarla por la cámara pueda reconocer todas las estructuras particulares de cada especie para su posterior identificación.

El conocimiento del uso de este sistema es nuevo a la vez tiene gran importancia, ya que a nivel de país existe gran debilidad al momento de identificar madera mayormente de aquellas especies que tiene presión en el comercio, es decir especies con mayor demanda, en la actualidad en la academia se utiliza el método tradicional a través de las observaciones con lupas de 10x. El uso de este sistema vendrá a fortalecer el área de investigación en el reconocimiento de las especies de interés y a la vez formar profesionales forestales con mayores oportunidades, de igual forma se beneficiarán aquellas instituciones como INAFOR que regulan y controlan el tráfico ilegal de la madera, la cual servirá como referencia técnica al momento de identificar la madera, Así como País se avanza en el resguardo y protección de nuestras especies forestales.



## II. CONTENIDO TÉCNICO

### 2.1 Importancia de la identificación de la madera

La identificación de la madera no ha sido un tema fácil de manejar, puesto que hay limitaciones en cuanto a instrumentos que nos ayuden a este proceso. La identificación de madera se puede lograr a través de cuatro vías: macroscópica, microscópica, química y análisis de ADN, el análisis químico y de ADN son técnicas muy complejas y que implican una fuerte inversión de dinero y tiempo. De todas éstas, las características macroscópicas para identificar especies en restos arqueológicos son las menos seguras, ya que con el paso del tiempo una serie de agentes destructivos (sol, humedad, químicos, bacterias e insectos) han alterado las características diagnósticas de la pieza, como el color, veteado, olor, sabor, peso y dureza: (Blanchette 1990).

El tráfico ilegal de madera es una importante amenaza para la Biodiversidad del país; por ello la necesidad de poder avanzar en el proceso de la identificación.

Hoy gracias a esta tecnología llamada **Xilotrón** se tiene una nueva opción en la identificación mayormente en aquellas especies cuyas características físicas y anatómicas las hacen atractivas para el comercio.

#### ¿Qué es el Xilotrón?

El Xilotrón es una herramienta diseñada para la identificación de taxones leñosos, la cual consiste en una computadora portátil conectada a una cámara que hace capturas de las imágenes en las **cortes o secciones transversales** de una muestra de madera de aproximadamente de 3x3, la cual funciona a través de un software con una base de datos de especies forestales a nivel de Centroamérica,

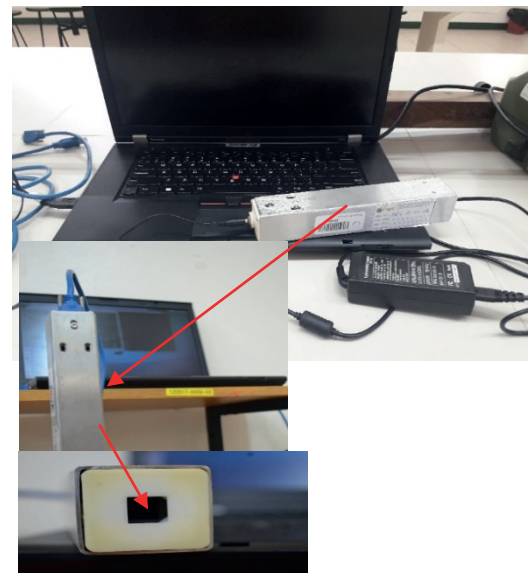


Figura 1. Xilotrón. Fuente: DICOM, 2019.

Para poder hacer uso de este sistema, es necesario reconocer las secciones de la madera, así como las principales estructuras de la sección trasversal.

## 2.2 Cortes o secciones de la madera

### Transversal, tangencial/ longitudinal, radial/ longitudinal

Por tratarse de un organismo heterogéneo constituido por células dispuestas y organizadas en diferentes direcciones, el aspecto de la madera varía de acuerdo con la sección observada. Para estudios anatómicos se adoptan los siguientes planos convencionales de corte.

- **Corte transversal (X):** perpendicular al eje del árbol.
- **Corte radial (R):** paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento
- **Corte tangencial (T):** tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios.

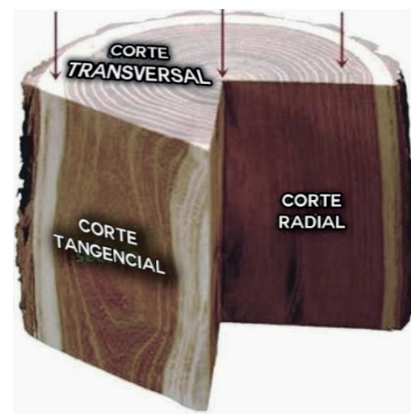


Figura 2. Planos de la madera.  
Fuente: Trigueros, 2011.

En este plano de la madera (Trasversal) se puede observar cuatro estructuras (Parénquima axial, vasos, Fibras, radios) que son determinantes en el proceso de identificación tanto en macroscopía y microscopía como en el uso del *Xilotrón*, puesto que son particulares en cada especie, y es justamente lo que reconoce el sistema a la hora de la identificación.  
(ver imagen 3)

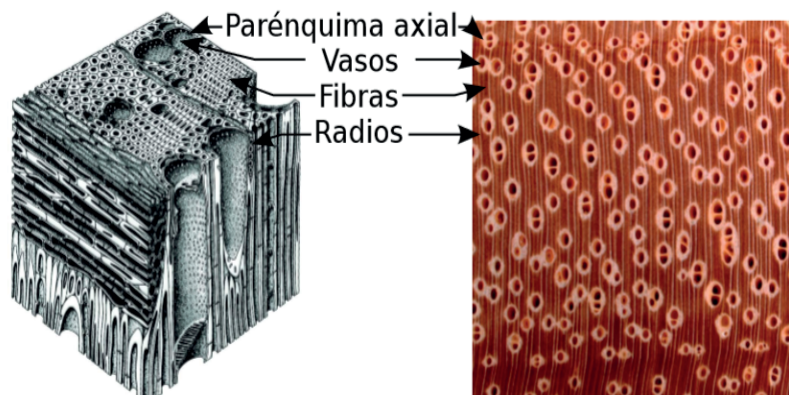


Figura 3. Sección trasversal. Fuente: SciELO, 2014.

A la hora de hacer identificación es de importancia el estudio de las estructuras de la madera independientemente del método de identificación que escojamos, para ello se estudia (distribución de la porosidad, y tipos de parénquimas) que es lo más relevante.

## 2.3 Tipos de Porosidad

Los vasos reciben el nombre de **POROS**, y su distribución, disposición, abundancia, tamaño y agrupamiento son características importantes en la identificación de especies, calidad de la madera (peso específico, densidad) y también en el secado e impregnación por tratamientos preventivos. Tiene gran importancia además la obstrucción por tílides o contenidos como: gomas, resinas, óleo etc. (ver imagen 4) (Wiedenhoeft, 2011).

La porosidad es muy importante en la identificación sobre todo cuando se preparan las muestras para hacer uso del *Xilotrón* maderas más poros es más difícil de preparar

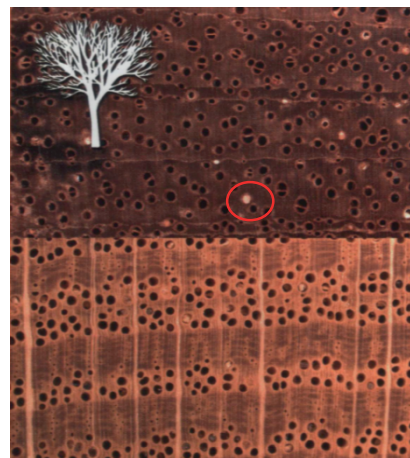


Figura 4. Porosidad en la madera.  
Fuente: Wiedenhoeft, 2011.

Los poros que se agrupan se clasifican según la orientación de los radios medulares en:

### A- Solitarios

- B- Múltiples**
- B 1- Múltiples tangencial o paralelos
  - B 2- Múltiples radial
  - B3- Múltiples diagonales u oblicuos
  - B 4-Múltiples racemiformes o dendricos

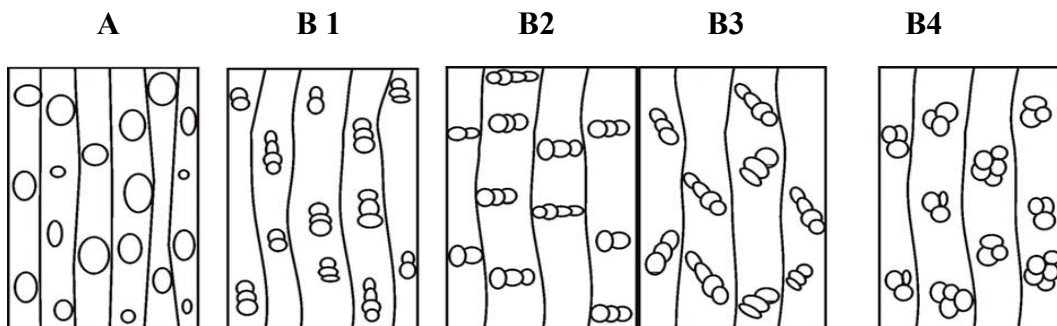


Figura 5. Clasificación de poros según radios. Fuente: SciELO, 2014.

## Distribucion de poros en relacion a los radios medulares

El sistemas del *Xilotron* reconoce esta distribucion como características propias de las especies a la hora de la identificación, es de mucha importancia el reconocimiento de estas estructuras para la preparación de la muestra.

- A** paralelos y solitarios
- B** Multiples tangencial
- C** Multiples Oblicuos
- D** multiples Dendricos

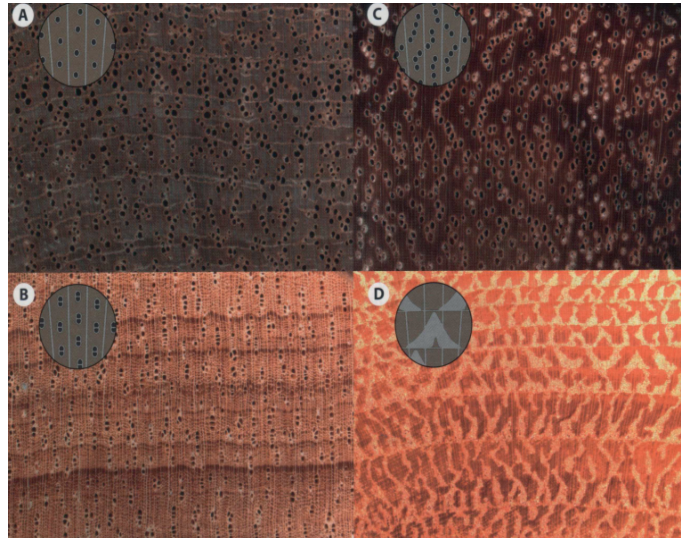


Figura 6. Orientación de los poros según los radios.  
Fuente: Wiedenhoef, 2011.

Otra clasificación importante de la distribución de los poros es aquella que hace referencia a la agrupación de los mismos según la transición de los anillos de crecimiento. y es la siguiente: Porosidad difusa y porosidad circular

**P. Difusa** Los poros son del mismo tamaño distribuidos homogéneamente en cada transición de los anillos de crecimiento.

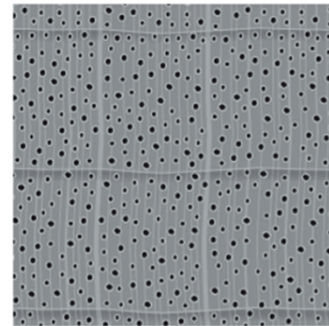


Figura 7. P. Difusa. Fuente: SciELO, 2014.

**P. Circular:** Los poros son grandes y pequeño en relación a la transición de los anillos de crecimiento

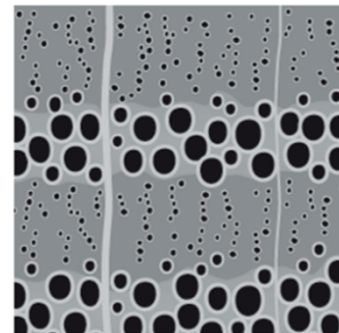


Figura 8. P. Circular. Fuente: SciELO, 2014.



**Porosidad circular:** la transición ente anillos es bien marcada y se agrupan entre poros grandes y pequeños

**Porosidad Semicircular:** los poros son entre pequeños y grandes de forma gradual.

**Porosidad Difusa:** Sin cambios en los tamaños de los poros

La transición de los anillos de crecimiento circular es reflejada únicamente en aquellas especies que si tiene bien marcados sus anillos de crecimiento dado que no todas las especies de Latifoliadas tienen esta característica de presentar esta transición por ellos es semicircular o difusa cuando no existe esta separación entre leño temprano y leño tardío.

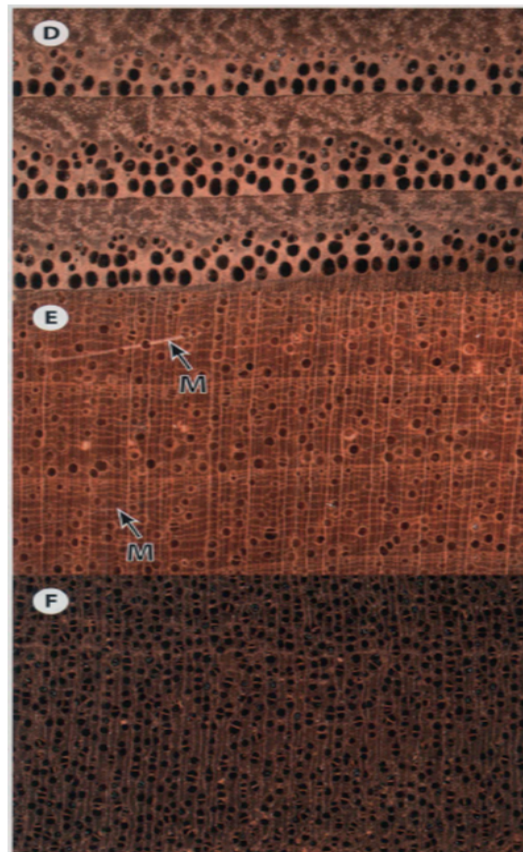


Figura 9. Transición de anillos.  
Fuente: Wiedenhoeft, 2011.

## 2.4 Clasificación de los Parénquimas

### 2.4.1 Parénquima Longitudinal Axial

El parénquima es un tejido que está compuesto por pequeñas células, de pared muy delgadas y que tienen función de almacenamiento de sustancias orgánicas como almidones gomas y resinas. La distribución del parénquima axial visto en la sección transversal de la madera es una de las características de mayor valor taxonómico y una de las más utilizadas en la identificación de la madera.

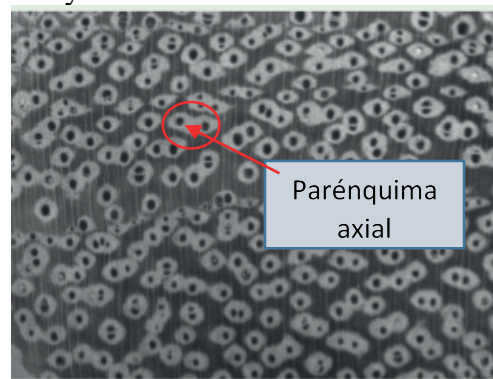


Figura 10. Parénquimas Axial. Fuente: SciELO, 2014.



La distribución del parénquima xilemático o axial muestra tipos intermedios. La relación espacial de los vasos, como se observa en cortes transversales, sirve para su división en dos tipos principales: Parénquima Apotraqueal y Parénquima Paratraqueal

**Parénquima Apotraqueal**  
Sin asociarse con los vasos

{ Difuso.  
En Agregados  
En Bandas  
Escaleriforme  
Marginal

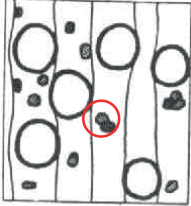
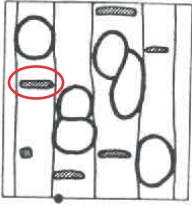
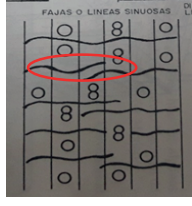
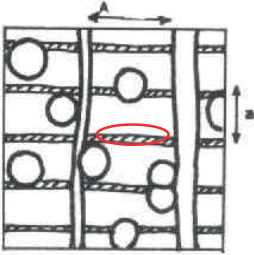
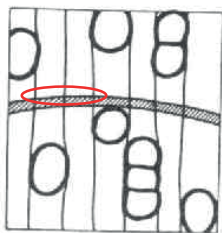
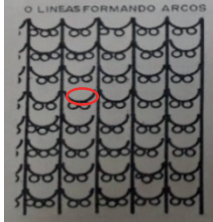
Difuso	En agregado	En banda
		
Escaleriforme	Marginal	Líneas formando arcos
		

Figura 11. Distribución Parénquimas Apotraqueal. Fuente: SciELO, 2014.

**Parénquima Paratraqueal**  
Asociado a los vasos

{ Adaxial  
Abaxial  
Vasicentrico  
Aliforme alas largas y alas cortas  
Aliforme Rómbico  
Confluente en estrechos cortos y largos

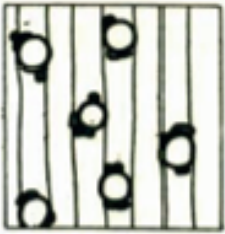



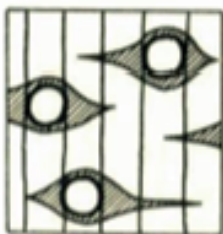
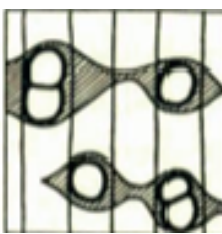
Escasoso	Vasicentrico	Vasicentrico confluyente
		
Unilateral	Aliforme	Aliforme Confluyente
		

Figura 12. Distribución Parénquimas Paratraqueal. Fuente: SciELO, 2014.

Ejemplos de tipos de parénquimas Axiales.

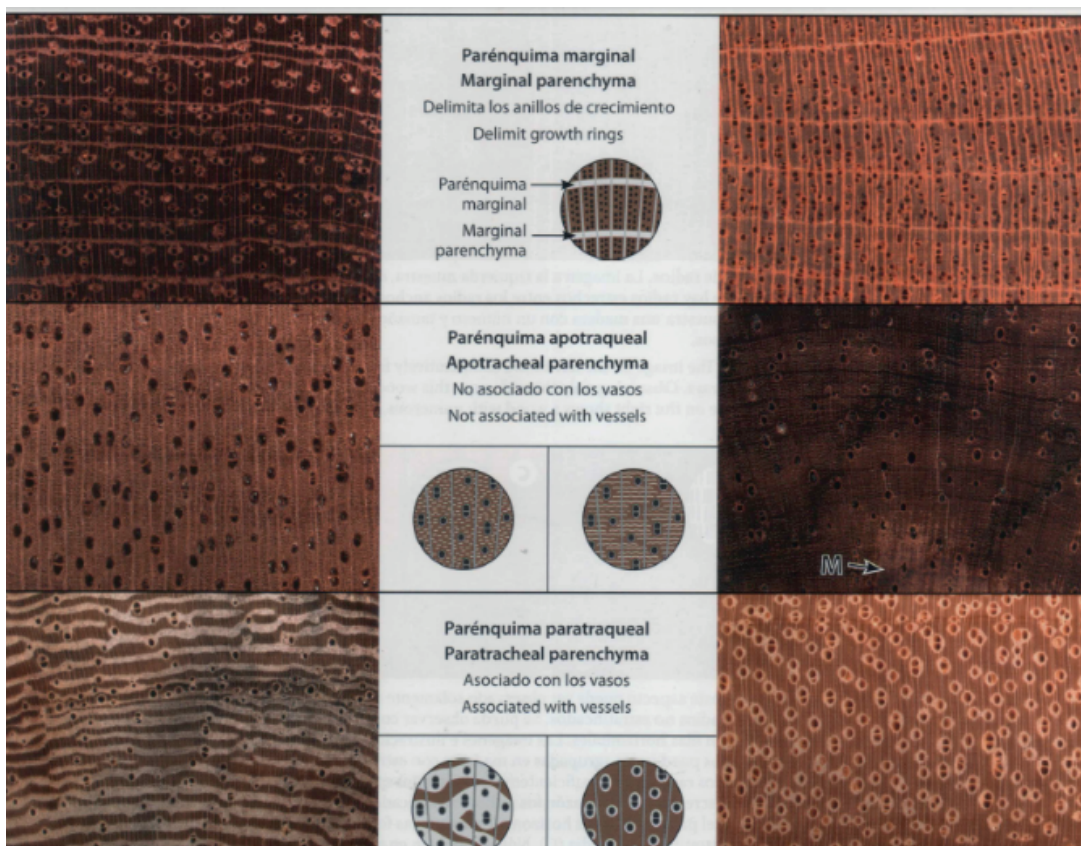


Figura 13. Imágenes reales de parénquimas Axial. Fuente: Wiedenhoeft, 2011.

## III. USO Y MANEJO DEL *XILOTRÓN*

Para el uso de esta herramienta se deberá Seguir cuatro pasos fundaménteles como lo son:

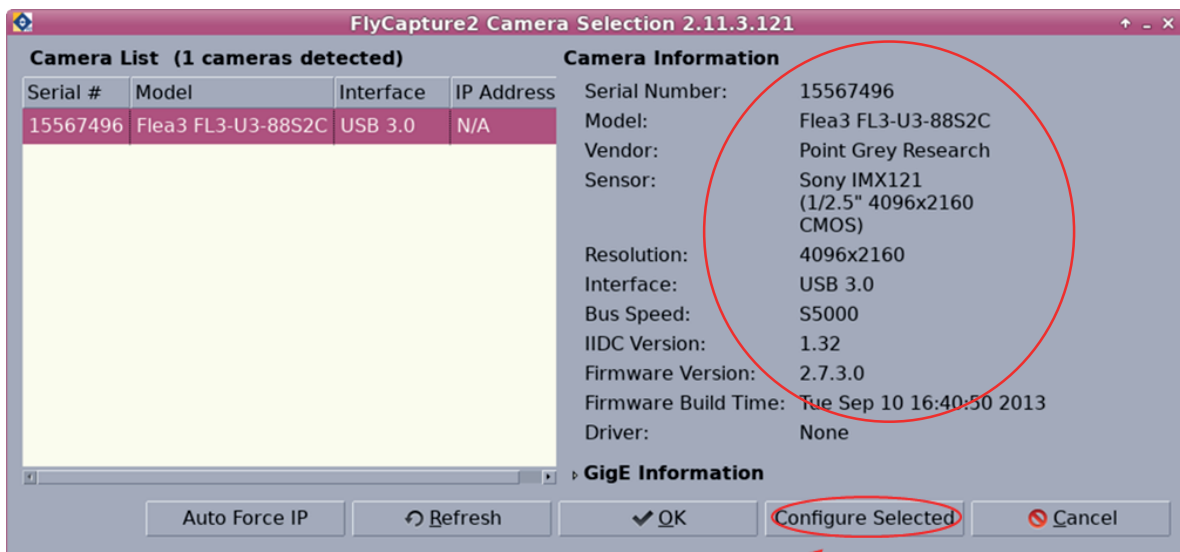


### 3.1 Calibración

Esta consiste en la configuración la cámara para que pueda proyectar la imagen una vez que la muestra este en contacto con la cámara, para ello se deben de realizar 5 procedimientos sencillos. Esta se debe hacer únicamente para instalación del *Xilotrón*, o en caso que se mueva de su lugar y sea instalado en otro sitio con acceso a internet

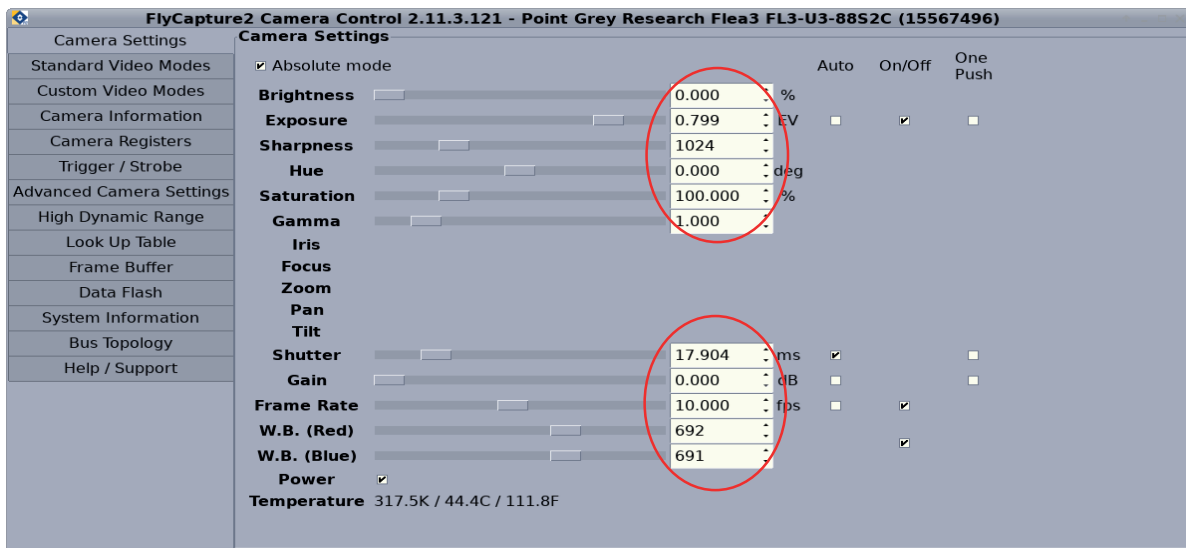
No es más que ir ajustando valores ya establecidos en el sistema

Lo primero es hacer clic en el acceso directo (icono) ubicado en el menú izquierdo, está ubicado en la barra de inicio abrir applications, seleccionar point grey research, abrir FlyCap2 se visualiza la siguiente ventana. Lo importante es que la información de la cámara esté ajustada a los valores seleccionados. Se nos despliega la siguiente ventana:



Posteriormente damos clic izquierdo en **configure selected** (configuración seleccionada) y aparece la siguiente ventana:

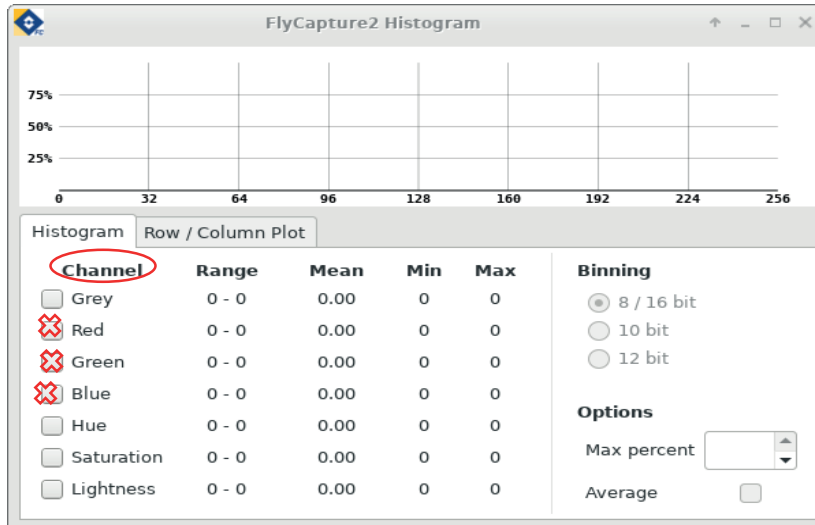
Los valores para los parámetros que se visualizan en la imagen son estandarizados y no deben modificarse.



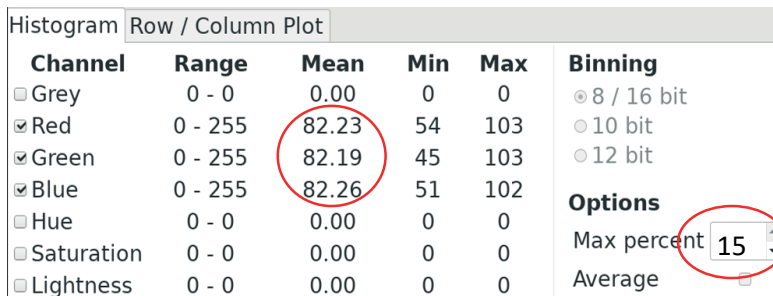
Luego damos un Click en icono histograma esto se encuentra en la barra de herramientas, ubicado en la parte superior de la ventana.



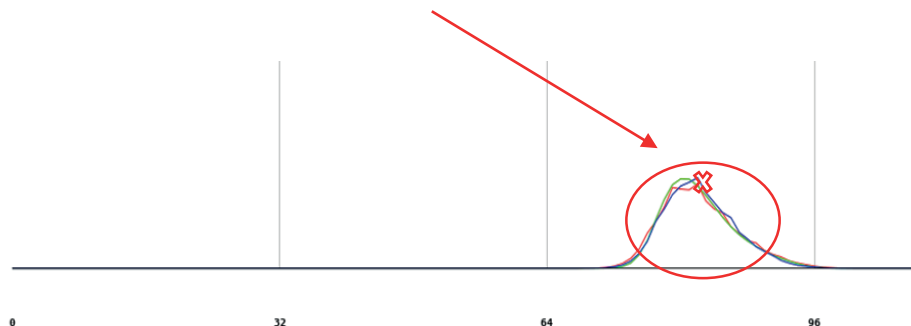
Se abrirá la siguiente ventana:



En la venta del Histograma, en la columna de Channel seleccionar rojo, verde y azul una vez activados revisar si los promedios generales estén cerca de un mismo valor entero.



Luego donde dice Max Percent colocar el número 15 volvemos a Histogram y se despliega la curva donde muestra los picos iguales para los tres colores, esta es la calibración que debe tener la cámara para hacer la captura de las imágenes.





## 3.2 Corte de la muestra

En caso de tener una muestra grande o en forma de disco está deberá ser cortada.

Como parte del equipamiento del *Xilotrón* se cuenta con una cortadora manual pequeña, igualmente diseñada por el doctor Hemerson, 2014. En la cual se hacen los cortes, lo más ideal es obtener muestras de *3x3cm intacta con superficie transversal bien cortada*, esto debido al tamaño del lente de la cámara. es importante que los cortes salgan lo más recto posible para no causar problemas a la hora del lijado.



Figura 14. Corte de muestras. Fuente: DICOM, 2019.

## 3.3 Lijado

El lijado es muy importante al momento de escanear la muestra, puesto que de ello depende la imagen que podamos obtener al momento de usar la cámara, se requiere de una imagen limpia de defectos, inclusive aquellos provocados por la misma lija por ello se recomienda usar lijas de diferentes medidas para ir afinando la superficie

por lo general cuando se tienen la primera muestra en el corte se utiliza una lija de 180, más cuando los poros de las muestras son más grandes, por lo que la textura es más gruesa, a medida que se va afinando se utilizan la de 400, 800, hasta llegar a la 1,000 para obtener una superficie totalmente lisa.



Figura 15. Lijas. Fuente: DICOM, 2019.

Es importante obtener una imagen limpia libre de defectos producidos por la sierra o por la lija, para que el sistema pueda reconocer realmente las reestructuras que conforman a la madera en su sección transversal, es justamente aquí la importancia de poder reconocer las estructuras de la madera para poder reconocer si lo que se observa son realmente estructuras o error producto de la mala preparación de la muestra.

En la mayoría de los casos el lijado hace que los poros se llenen de aserrín y este podría confundirse con sustancias propias de la madera como (gomas resinas o cualquier otro material que poseen algunas maderas y que se incrustan en los poros. justamente por estos detalles se importante en este sentido la porosidad de la madera. En caso de que los poros queden llenos de aserrín se recomienda limpiar la superficie con brocha hasta que estos queden libres

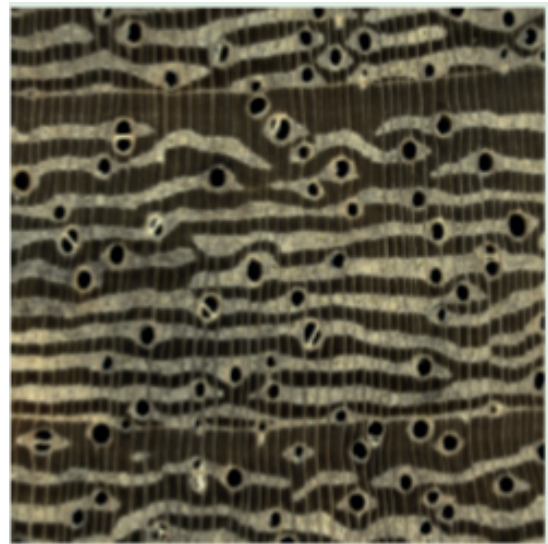


Figura 16. Lonchocarpus castilloi.  
Fuente: Wiedenhoeft, 2011.

Obtener una imagen limpia y clara es importante

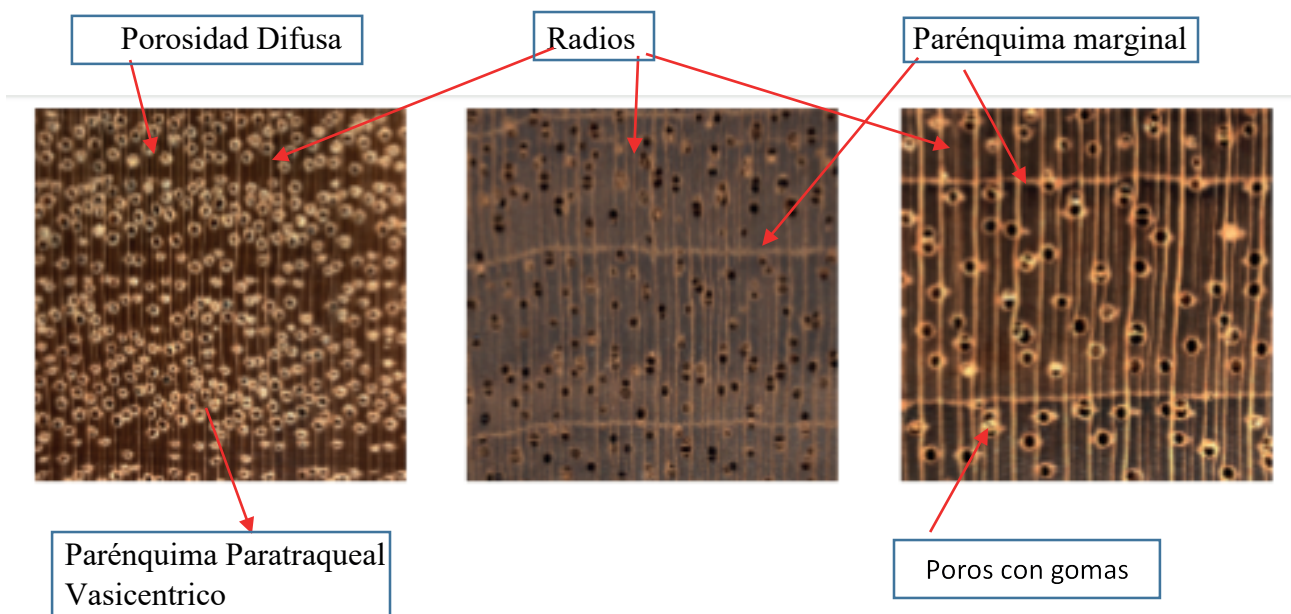


Figura 17. Imágenes perfectas para la identificación. Fuente: Wiedenhoeft, 2011.

## Proceso de lijado

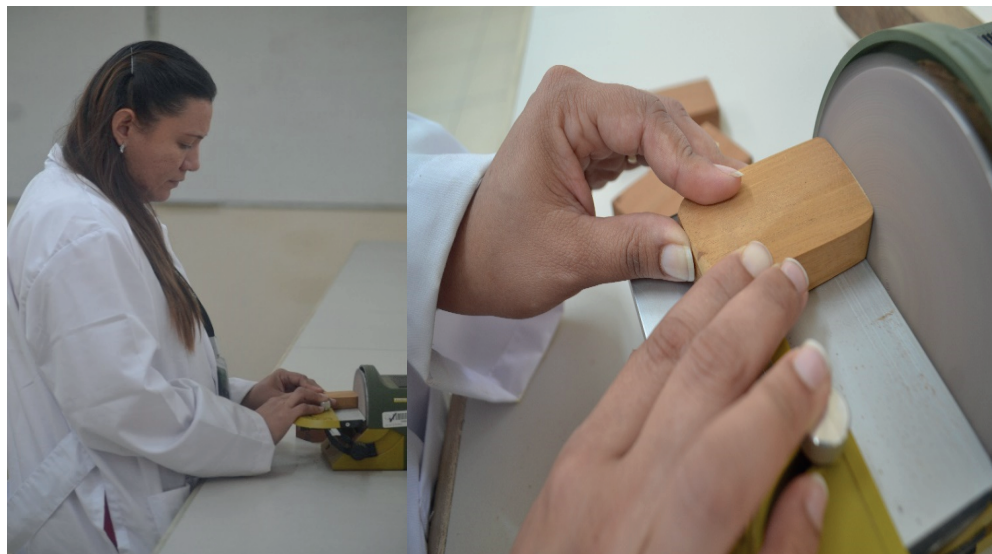


Figura 18. Lijado de muestras. Fuente: DICOM, 2019.



## 3.4 Captura de imagen

Una vez que se tiene calibrado el *Xilotrón* y preparada la probeta, se procede a hacer la identificación.

Se coloca el lente de la cámara en la sección transversal de la probeta preparada (como un ultrasonido) para que el sistema reconozca la imagen, se elige la mejor vista, es aquella donde se aprecien claramente todas las estructuras (*distribución de poros, tipos de parénquimas, radios, anillos de crecimiento es caso de estar bien definidos*) sin ningún rayón rajadura u otros defectos en la imagen.

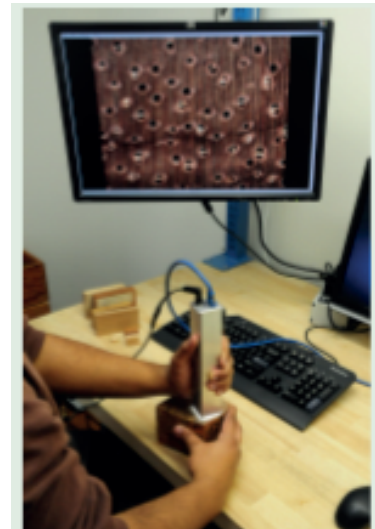


Figura 19. Proyección.  
Fuente: Hermanson, (2014).

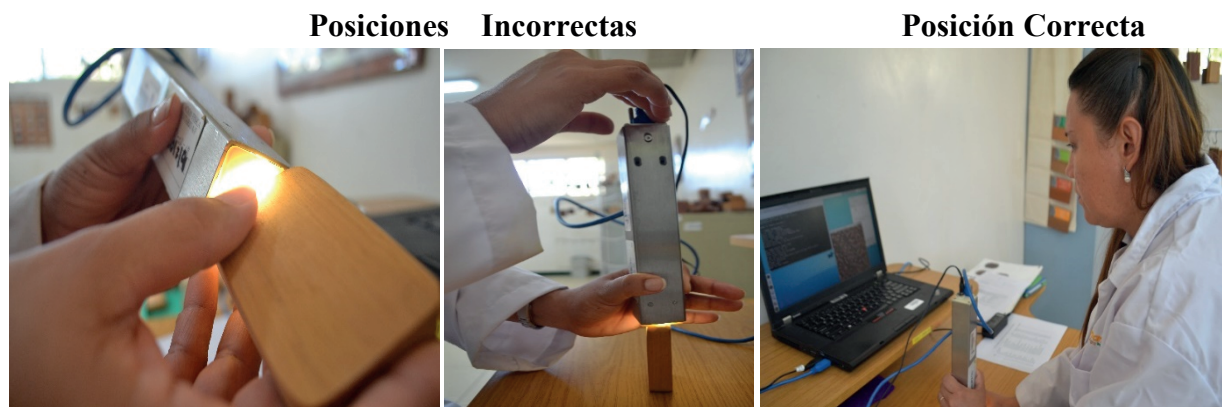


Figura 20. Formas incorrectas y correctas de proyectar. Fuente: DICOM, 2019.

Una vez que se tiene la posición correcta (la muestra descansa en la mesa sosteniendo tanto la cámara como la muestra para que no se mueva) posteriormente se hace la captura Presionando la letra “S” en la computadora.

Inmediatamente el sistema reconoce la imagen y proporciona los resultados más acertados. en relación a las estructuras de igual forma la relación con otras especies en porcentajes.

A los dos o tres minutos de proyectada la muestra, el sistema reconoce la imagen y proporciona el nombre científico de las especies que reconoce con su porcentaje, también muestra otras especies similares en cuanto a sus estructuras. El porcentaje de confiabilidad para este sistema es por encima del **95%**

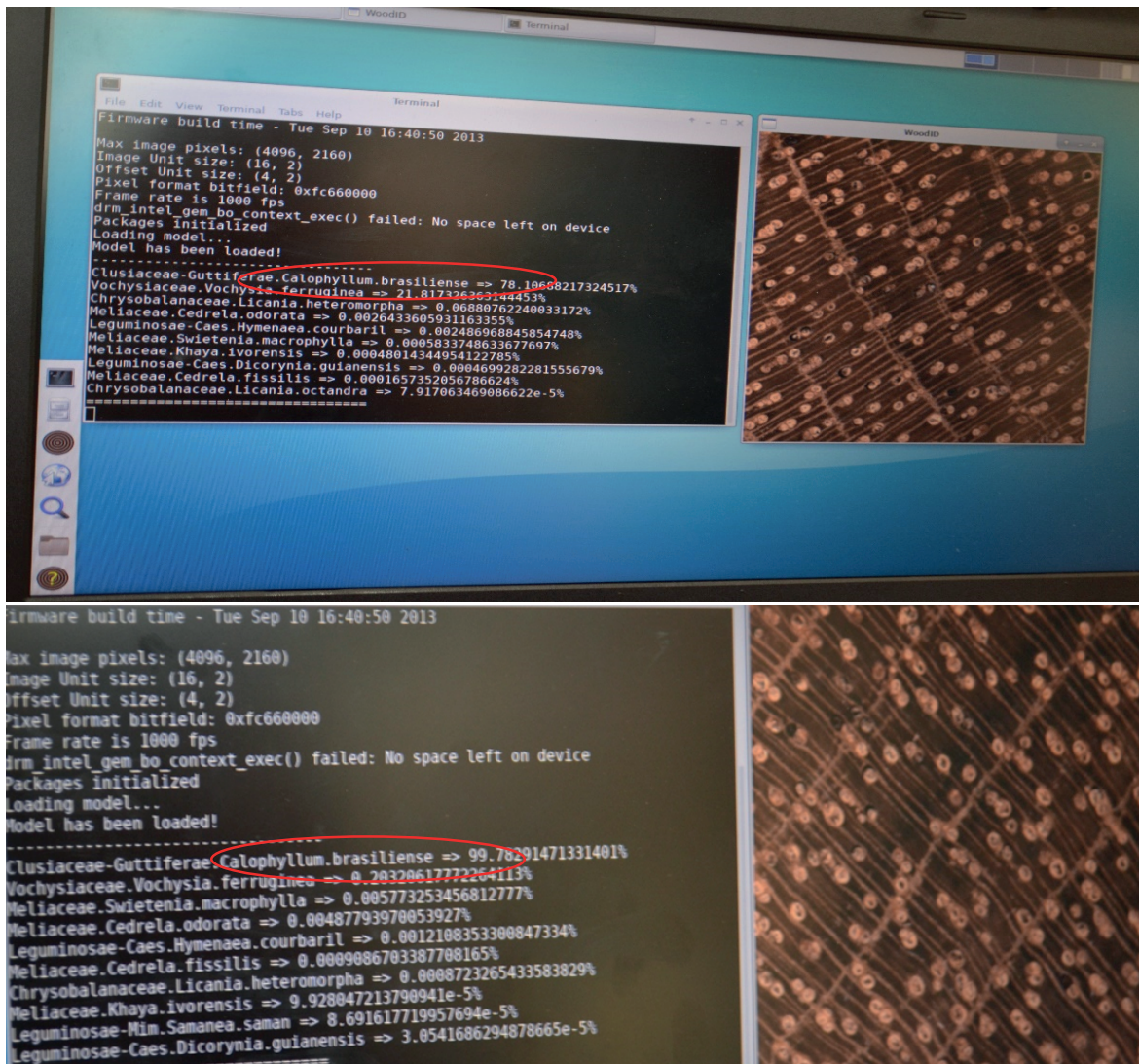


Figura 21. Resultados de la identificación. Fuente: DICOM, 2019.



## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La identificación de la madera tiene más auge en estos tiempos gracias a nuevas tecnologías y metodologías que se han venido implementando para el estudio anatómico de las maderas, lo cual favorece el campo de la investigación, el uso de este sistema nos abre las puertas como institución al trabajo de identificación y recolección de muestras aumentando de esta forma el número de especies reconocidas en la Xiloteca.

Como Institución, se fortalece la investigación y proyección social a diversos actores, involucrados en la cadena forestal productiva de la madera, del sector público y privado.

A pesar que el uso de esta tecnología tiene sus limitaciones, es considerado como un avance más en la búsqueda de mejores métodos que nos ayuden al control del tráfico ilegal de este material.

Se pretende satisfacer las crecientes demandas en el reconocimiento de la madera de interés comerciales.

Promover nuevos proyectos que contribuyan al fortalecimiento de esta herramienta.

## V. LITERATURA CITADA

- Aguilar M.A, Aguilar S, Terrazas T; (2014)** Anatomía de la Madera de doce especies en bosque Melífero. consultado 28 de agosto 2019 disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a7.pdf>
- Alex C.W. (2011)** Identificación de las especies maderables de Centroamérica, Madison, Wisconsin USA.
- Blanchette R; Thomas N; Geoffre D; Abad A; (1990)** Biological degradation of wood. En Archaeological Wood, Properties, Chemistry, and Preservation consultado 07 marzo 2019 disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071773562004000400037#Blanchette](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071773562004000400037#Blanchette)
- Jové F. (2017)** los Materiales de la madera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Valladolid, consultado el 5 de marzo 2019 disponible en: / [https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/27312/1/C3T06\\_Materiales%20Naturales%2C%20Madera%20y%20Derivados\\_Jov%C3%A9%2CF%282017%29.pdf](https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/27312/1/C3T06_Materiales%20Naturales%2C%20Madera%20y%20Derivados_Jov%C3%A9%2CF%282017%29.pdf)
- Rivera S.M, Emilce G. (2015)** Identificación De Maderas Comerciales: Técnicas, Certificación de Identidad y Pericias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - U.N.L.P Volumen I consultado 7 de marzo del 2019 Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/479/433/1574-1>

## VI. GLOSARIO

**Apotraqueal.** Parénquima leñoso que no se encuentra en contacto con los vasos.

**Axial.** Situado en el eje.

**Inclusiones.** Son masas amorfas que se encuentran taponando parcial o totalmente los vasos; aunque también pueden presentarse en otros elementos de la madera. Su abundancia afecta en la preservación y secado de las maderas. (INDECOPI 251,001 1989).

**Parénquima apotraqueal.** Cuando las células de parénquima están dispuestas de forma independiente o aislada de los poros, sin rodearlos. A su vez esta se subdivide en:

**Parénquima paratraqueal.** Cuando las células de parénquima se encuentran asociado a los poros o vasos envolviéndolos total o parcialmente. Se subdivide en:

**Porosidad.** Dado por el tamaño de los poros, así como la forma en que se encuentran distribuidos dentro de los anillos de crecimiento. Existen tres tipos de porosidad.

**Taxones leñosos.** Grupo de Organismos de una categoría taxonómica, que lo ubicaría jerárquicamente en un sistema de clasificación.







[www.una.edu.ni](http://www.una.edu.ni)